ГУАП

КАФЕДРА № 3



ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ хор+
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

| доц., канд. физ.-мат. наук | 27.09.17 | И.П.Кректунова |
| --- | --- | --- |
| должность, уч. степень, звание | подпись, дата | инициалы, фамилия |

# ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

по курсу: ОБЩАЯ ФИЗИКА

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

| СТУДЕНТКА ГР. | 1732 | | П.Ю.Яременко |
| --- | --- | --- | --- |
| | | подпись, дата | инициалы, фамилия |

Санкт-Петербург 2017

Лабораторная работа №1

Определение электрического сопротивления

Протокол измерений

1309

[illegible]

Студенты группы №1732

Ярошенко Полина Ю

Кректунова Ирина П

Преподаватель.

Параметры приборов

| Прибор | Предел измерений | Цена деления | Класс точности | Систематическая погрешность |
|---|---|---|---|---|
| Вольтметр | 1,5 В | 0,05 В | 1,5 | 0,02 В |
| Миллиамперметр | 250 мА | 5 мА | 1,5 | 4 мА |
| Линейка | 51 см | 1 мм | | [illegible] мм |



Электрические сопротивления приборов

Результаты измерений

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Схема A | U, В | 0,3 | 0,35 | 0,43 | 0,49 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,67 | 0,8 | 1,15 |
| | I, мА | 65 | 70 | 95 | 105 | 116 | 130 | 140 | 150 | 180 | 235 |
| Схема B | U, В | 0,3 | 0,33 | 0,42 | 0,47 | 0,5 | 0,57 | 0,6 | 0,65 | 0,76 | 1 |
| | I, мА | 65 | 70 | 95 | 105 | 116 | 130 | 140 | 150 | 180 | 235 |

$l = 33$ см $= 0,33$ м, $d = 0,36$ мм

Дата 13.09.17

Подпись студента [illegible]

Подпись преподавателя

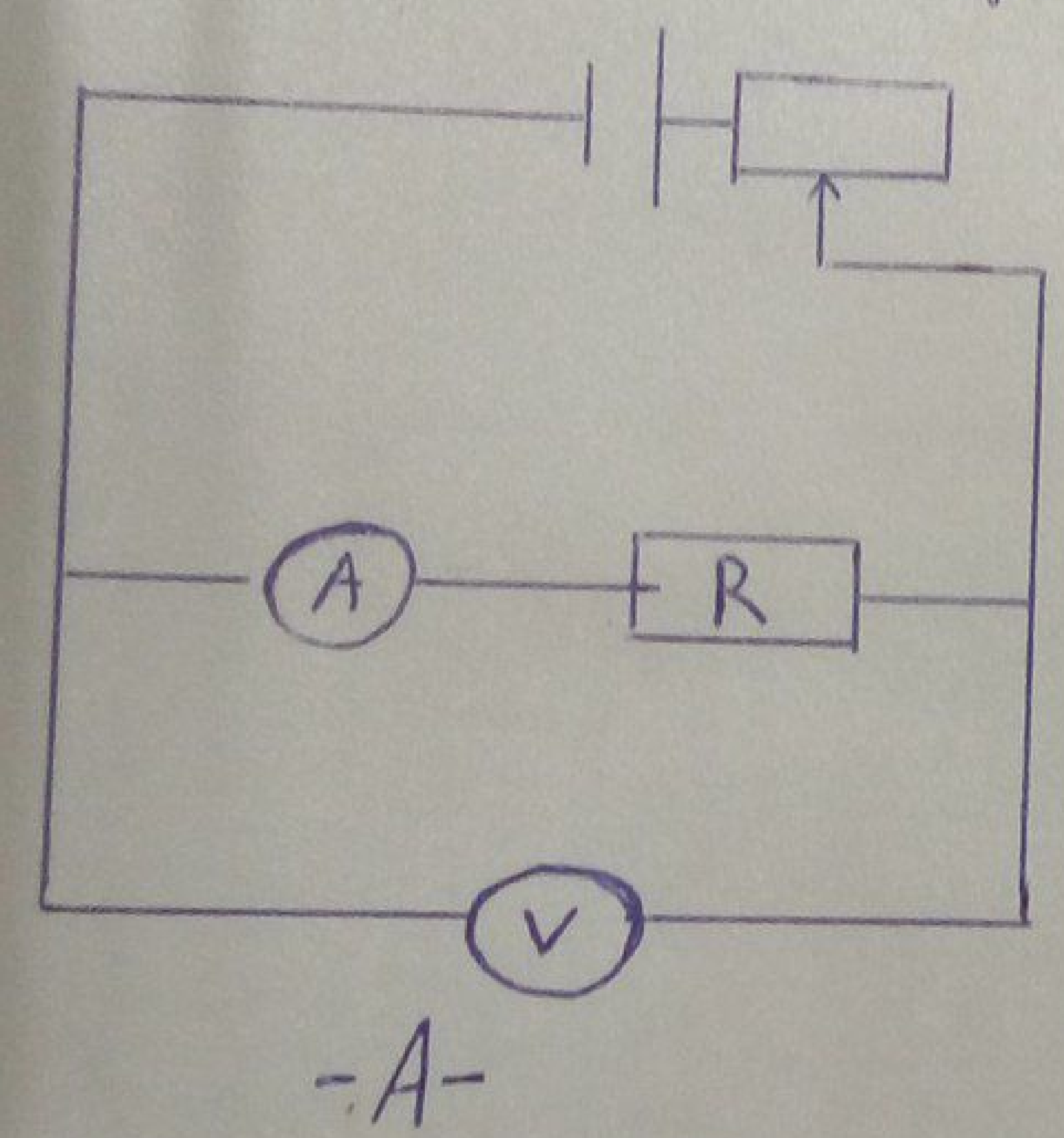
# Лабораторная работа №1.

## Определение электрического сопротивления

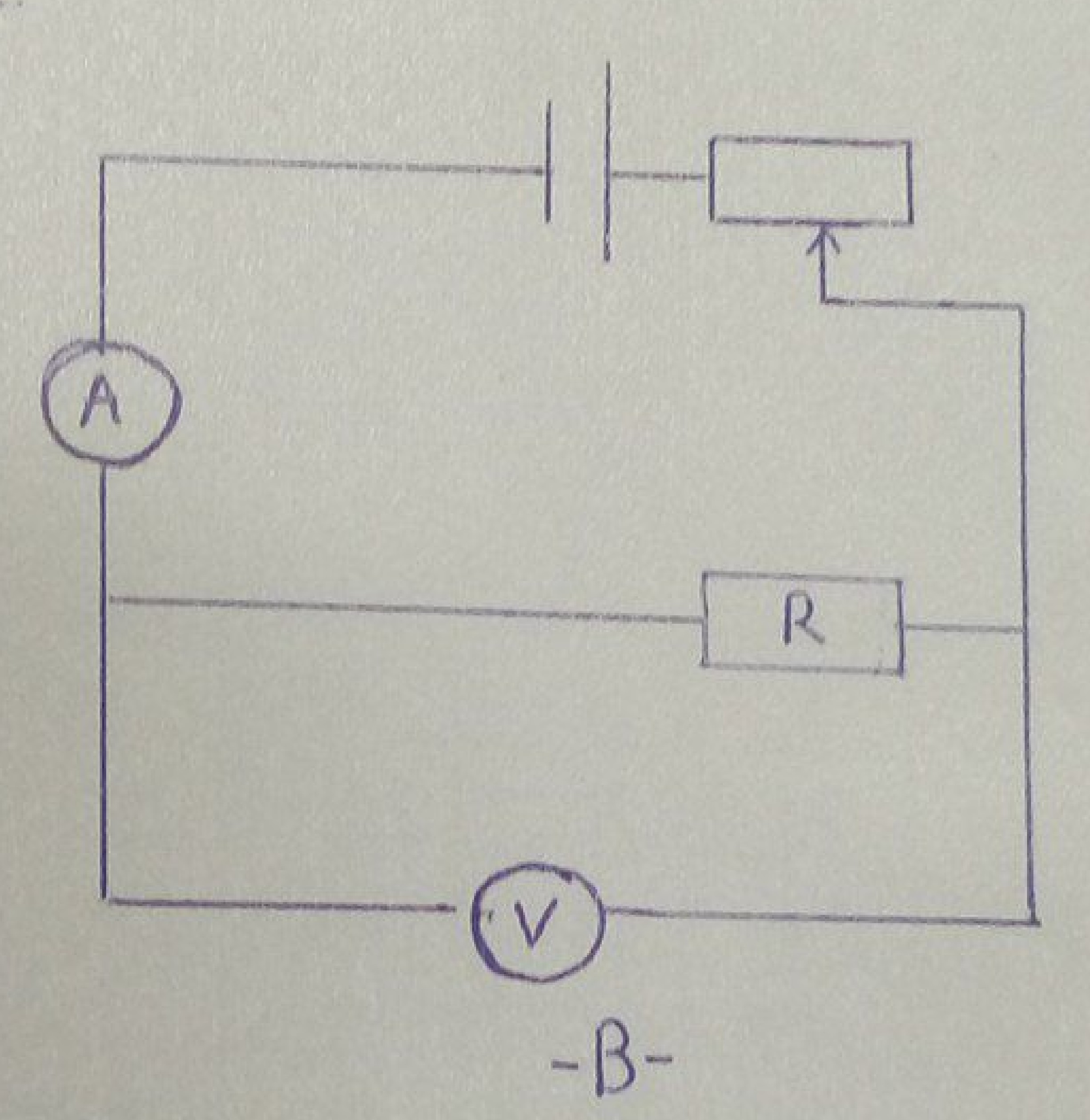
1. Цель работы:

- ознакомление с методикой обработки результатов измерений;
- определение электрического сопротивления провода;
- экспериментальная проверка закона Ома;
- определение удельного сопротивления нихрома;
- сравнение двух электрических схем.

2. Описание лабораторной установки.




-A-




-B-

Параметры установки

| Прибор | Тип | Цена деления | Класс точности | Предел измерений | Систематическая погрешность | Внутреннее сопротивление |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вольтметр | | 0,05 В | 1,5 | 1,5 В | 0,02 В | 2600 Ом |
| Миллиамперметр | | 5 мА | 1,5 | 250 мА | 0,004А | 0,2 Ом |
| Линейка | — | 1 мм | — | 51см | 0,007м | — |

3. Рабочие формулы.

Вычисление электрического сопротивления:

Закон Ома $R = \frac{U}{I}$; (1)

для схемы A $R = \frac{U}{I} - R_A$; (2)

для схемы B $R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V}\right)^{-1}$, где: (3)

R – электрическое сопротивление проводника, U – падение напряжения на проводнике, I – сила тока в проводнике, $R_A$ – сопротивление амперметра, $R_V$ – сопротивление вольтметра.

$$R_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n}, \quad (4)$$

где $R_{ср}$ – среднее значение сопротивления, n – число измерений.

$$\rho = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4l}, \quad (5)$$

где ρ – удельное сопротивление металла, l = длина провода, D – диаметр провода.

4. Результаты измерений и вычислений.

A

| U, В | 0,3 | 0,35 | 0,43 | 0,49 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,67 | 0,8 | 1,15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I, A | 0,065 | 0,07 | 0,095 | 0,105 | 0,115 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,235 |
| U/I, Ом | 4,61 | 5,00 | 4,52 | 4,6 | 4,78 | 4,61 | 4,64 | 4,78 | 4,44 | 4,89 |
| R, Ом | 4,4 | 4,8 | 4,3 | 4,4 | 4,6 | 4,4 | 4,4 | 4,6 | 4,2 | 4,7 |
| $\theta_R$, Ом | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |

l = 0,33 м ; d = 0,36 мм ; $R_V$ = 2500 Ом ; $R_A$ = 0,2 Ом

B

| U, В | 0,3 | 0,33 | 0,42 | 0,47 | 0,5 | 0,57 | 0,6 | 0,65 | 0,76 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I, A | 0,065 | 0,07 | 0,095 | 0,105 | 0,115 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,18 | 0,235 |
| U/I, Ом | 4,61 | 4,71 | 4,42 | 4,47 | 4,34 | 4,38 | 4,28 | 4,33 | 4,22 | 4,25 |
| R, Ом | 4,6 | 4,7 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,3 | 4,3 | 4,2 | 4,3 |
| $\theta_R$, Ом | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |

$R_{ср}$ = 4,4 Ом ; $\rho = 0,1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м

5. Примеры вычислений.

По формуле (1) $R = \frac{U}{I} = \frac{0,3}{0,065} = 4,61 \cong 4,6$ (Ом)

По формуле (2) $R = \frac{U}{I} - R_A = \frac{0,3}{0,065} - 0,2 = 4,4$ (Ом)

По формуле (3) $R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V}\right)^{-1} = \left(\frac{0,065}{0,3} - \frac{1}{2500}\right)^{-1} = (0,2166 - 0,0004)^{-1} =$

$$= \frac{1}{0{,}2166 - 0{,}0004} = \frac{1}{0{,}2162} = 4{,}6 \text{ (Ом)}$$

По формуле (4) $R_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n}$

$$R_{ср} = \frac{4{,}4 + 4{,}8 + 4{,}3 + 4{,}4 + 4{,}6 + 4{,}4 + 4{,}4 + 4{,}6 + 4{,}2 + 4{,}7 + 4{,}6 + 4{,}7 + 4{,}4 + 4{,}5 + 4{,}4 + 4{,}4 + 4{,}3 + 4{,}3 + 4{,}2 + 4{,}3}{20} = 4{,}445 \approx 4{,}4 \text{ (Ом)}$$

По формуле (5) $\rho = \frac{R_{ср} \pi D^2}{4l}$

$$\rho = \frac{4{,}4 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}36 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot 0{,}33} = 1{,}36 \cdot 10^{-6} \text{ Ом·м.}$$

6. Вычисление погрешностей

6.1. Систематические погрешности

6.1.1. $\theta_I = \frac{I_m K_I}{100} = \frac{0{,}25 \cdot 1{,}5}{100} = 3{,}75 \cdot 10^{-3} \approx 0{,}004$ (А)

6.1.2. $\theta_U = \frac{U_m K_U}{100} = \frac{1{,}5 \cdot 1{,}5}{100} = 0{,}0225 \approx 0{,}02$ В

6.1.3. $\theta_l = 2 \cdot 10^{-3}$ м

6.1.4. $\theta_D = 0{,}5 \cdot 10^{-5}$ м.

6.1.5. Вывод формулы для систематической погрешности косвенного измерений электрического сопротивления.

$$R = R(U, I) = \frac{U}{I}; \quad \Rightarrow \quad \theta_R = R\left(\frac{\theta_U}{U} + \frac{\theta_I}{I}\right)$$

Вычисление по выведенной формуле:

$$\theta_{R_1} = R_1\left(\frac{\theta_U}{U_1} + \frac{\theta_I}{I_1}\right) = 4{,}4\left(\frac{0{,}02}{0{,}3} + \frac{0{,}004}{0{,}065}\right) = 4{,}4(0{,}066 + 0{,}062) = 0{,}56 \text{ (Ом)} \approx 0{,}6 \text{ (Ом)}$$

$$\theta_{R_{10}} = R_{10}\left(\frac{\theta_U}{U_{10}} + \frac{\theta_I}{I_{10}}\right) = 4{,}7\left(\frac{0{,}02}{1{,}15} + \frac{0{,}004}{0{,}235}\right) = 4{,}7(0{,}017 + 0{,}017) = 0{,}16 \text{ (Ом)} \approx 0{,}2 \text{ (Ом)}$$

В качестве систематической погрешности итогового результата

Берем значение, полученное при самом большом токе:

$$\Theta_{R_{cp}} = 0,16 \text{ Ом} \approx 0,2 \text{ Ом}$$

6.1.6. Вывод формулы для систематической погрешности удельного сопротивления металла.

$$\rho = \frac{R_{cp} \pi D^2}{4l}; \quad \rho = \rho(R_{cp}, l, D); \quad \Theta_\rho = \rho\left(\frac{\Theta_R}{R} + \frac{\Theta_l}{l} + 2\frac{\Theta_D}{D}\right).$$

Вычисление по выведенной формуле:

$$\Theta_\rho = \rho \cdot \left(\frac{\Theta_R}{R} + \frac{\Theta_l}{l} + 2\frac{\Theta_D}{D}\right) = 1,36 \cdot 10^{-6}\left(\frac{0,2}{4,4} + \frac{0,002}{0,33} + \frac{0,01 \cdot 10^{-3}}{0,36 \cdot 10^{-3}}\right) =$$

$$= 1,36 \cdot 10^{-6}(0,045 + 0,006 + 0,027) = 0,078 \cdot 1,36 \cdot 10^{-6} = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$$

6.2. Случайные погрешности

6.2.1. Средняя квадратичная погрешность отдельного измерения.

$$S_R = \frac{\sqrt{(R_1 - R_{cp})^2 + (R_2 - R_{cp})^2 + \ldots + (R_N - R_{cp})^2}}{\sqrt{N-1}}$$

$$S_R = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{cp})^2 + (R_2 - R_{cp})^2 + \ldots (R_{11} - R_{cp})^2 + \ldots + (R_{20} - R_{cp})^2}{19}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(4,4-4,4)^2 + (4,8-4,4)^2 + (4,3-4,4)^2 + (4,4-4,4)^2 + (4,6-4,4)^2 + (4,4-4,4)^2 + (4,4-4,4)^2 + (4,6-4,4)^2}{19}}$$

$$\overline{(4,2-4,4)^2 + (4,7-4,4)^2 + (4,6-4,4)^2 + (4,7-4,4)^2 + (4,4-4,4)^2 + (4,5-4,4)^2 + (4,4-4,4)^2 + (4,4-4,4)^2}$$

$$\overline{+ (4,3-4,4)^2 + (4,3-4,4)^2 + (4,2-4,4)^2 + (4,3-4,4)^2} = \sqrt{\frac{0,16 + 0,01 + 0,04 + 0,04 + 0,04 + 0,09}{19}}$$

$$\overline{+ 0,04 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,04 + 0,01} = \sqrt{\frac{0,59}{19}} = 0,18 \text{ (Ом)}$$

6.2.2. Среднее квадратичное отклонение

$$S_{R_{cp}} = \sqrt{\frac{(R_1 - R_{cp})^2 + (R_2 - R_{cp})^2 + \ldots + (R_N - R_{cp})^2}{(N-1)N}} = \frac{S_R}{\sqrt{N}}$$

$$S_{R_{cp}} = \frac{0,18}{\sqrt{20}} = 0,0402 \approx 0,04 \text{ (Ом)}$$

$S_R \leq \Theta_R$; $S_{R_{cp}} < \Theta_R$.

$0,18 \leq 0,2$ (Ом), т.е. $S_R \leq \Theta_R$

$0,04 \ll 0,2$ (Ом), т.е. $S_{R_{cp}} \ll \Theta_R$

=> в измерениях нет грубых ошибок и промахов.

6.2.3. Случайные погрешности удельного сопротивления:

$$\rho = \frac{R_{cp} \pi D^2}{4l} \Rightarrow S_\rho = S_{R_{cp}} \frac{\pi D^2}{4l} = \frac{\rho S_{R_{cp}}}{R_{cp}}$$

$$S_\rho = \frac{\rho S_{R_{cp}}}{R_{cp}} = \frac{1,36 \cdot 10^{-6} \cdot 0,04}{4,4} = 0,01236 \cdot 10^{-6} = 0,012 \cdot 10^{-6} \text{ (Ом} \cdot \text{м)}.$$

6.3. Полная погрешность.

$\Delta_R = \Theta_R = \Theta_{R_{cp}} = 0,2$

$\Delta_\rho = \Theta_\rho = 0,1 \cdot 10^{-6}$ (Ом · м).

7. Выводы:

- ознакомилась с методикой обработки результатов измерений
- Электрическое сопротивление провода $R_{cp} \pm \Theta_{R_{cp}} = 4,4 \pm 0,2$ Ом с $P = 95\%$
- Удельное сопротивление нихрома $\rho \pm \Theta_\rho = (1,36 \pm 0,1) \cdot 10^{-6}$ Ом · м с $P = 95\%$
- Экспериментально определенное значение $\rho$ в пределах погрешности совпадает с табличным значением нихрома $\rho_{таб} = 1,05 \cdot 10^{-6}$ Ом · м.

— Каждое сопротивление схемы A или B отличается от среднего $R_{ср}$ меньше, чем на систематическую погрешность $\theta_R$, т.е электрическое сопротивление не зависит от протекающего тока и от падения напряжения на нем, т.е справедлив закон Ома.

— Для схемы B электрическое сопротивление можно вычислять по закону Ома без поправок.